

# SISTEMAS TÉRMICOS DE POTÊNCIA

PROF. RAMÓN SILVA



Engenharia de Energia

Dourados MS - 2013



# SISTEMAS DE POTÊNCIA A VAPOR



# SIST. POTÊNCIA A VAPOR

- Diferente do ciclo de potência a gás, no ciclo de potência a vapor, ocorre a mudança de fase do fluido de trabalho que é alternadamente vaporizado e condensado.

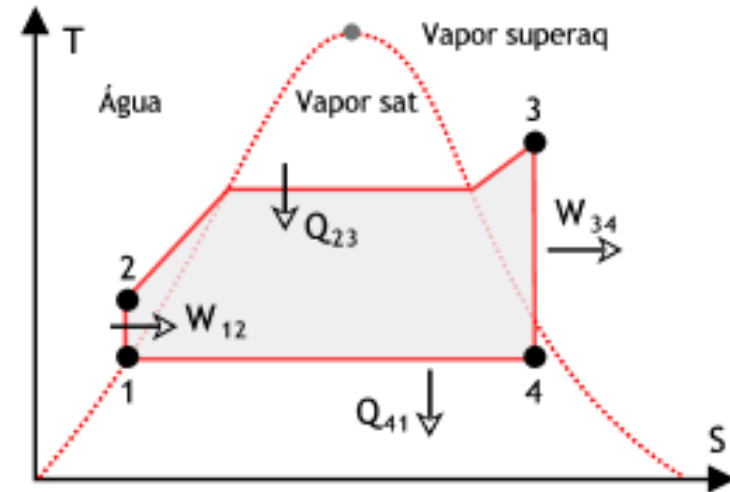
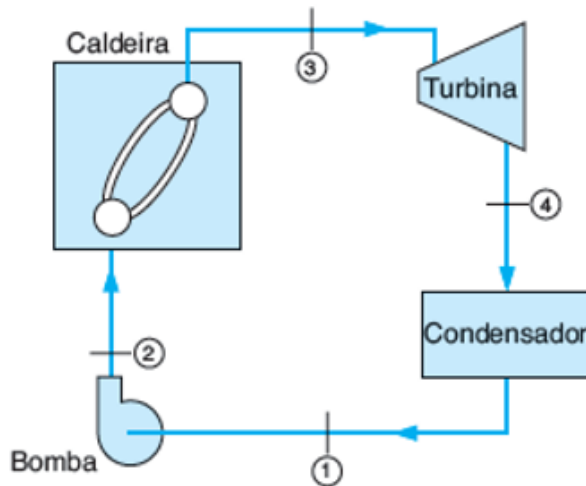


# SIST. POTÊNCIA A VAPOR

- O vapor d'água é o mais comum fluido de trabalho utilizado devido às suas características desejáveis, como custo baixo, disponibilidade e alta entalpia de formação.

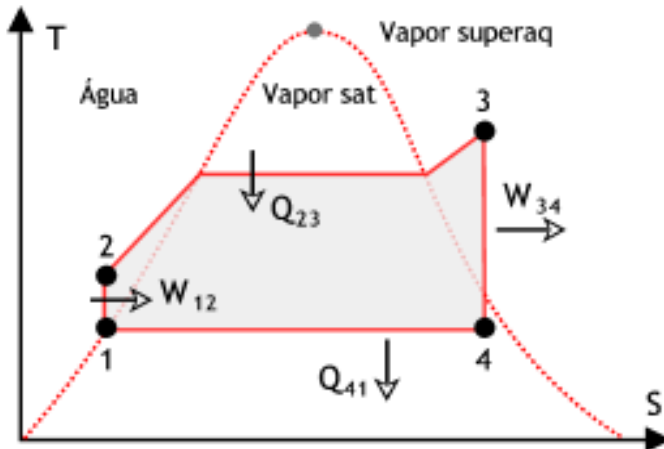
# CICLO RANKINE

- O ciclo ideal das usinas de potência a vapor é o Ciclo de Rankine



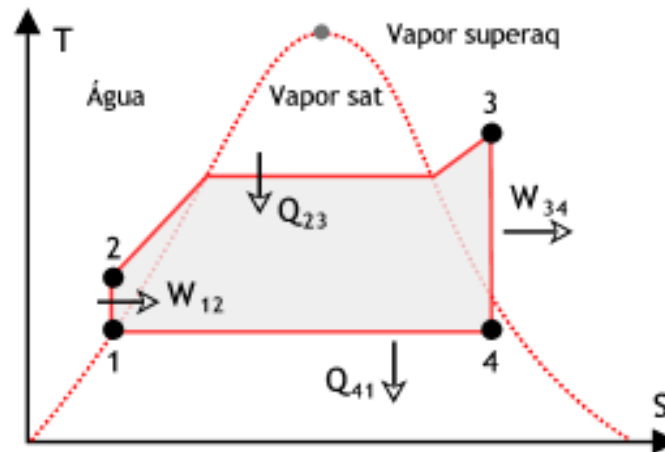
# CICLO RANKINE

- No ciclo de Rankine ideal, onde não há irreversibilidades internas envolvidas, consiste dos quatro processos:



- 1-2: compressão isentrópica na bomba;
- 2-3: adição de calor a pressão constante em uma caldeira;
- 3-4: expansão isentrópica na turbina;
- 4-1: rejeição de calor a pressão constante no condensador.

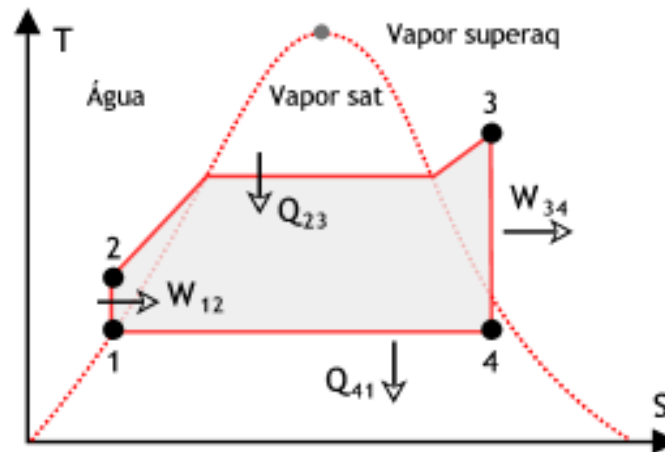
# CICLO RANKINE



- A água entra na bomba no estado 1 como líquido saturado e é comprimida de maneira isoentrópica até a pressão de operação da caldeira.
- Há um pequeno aumento de temperatura na água devido à compressão.



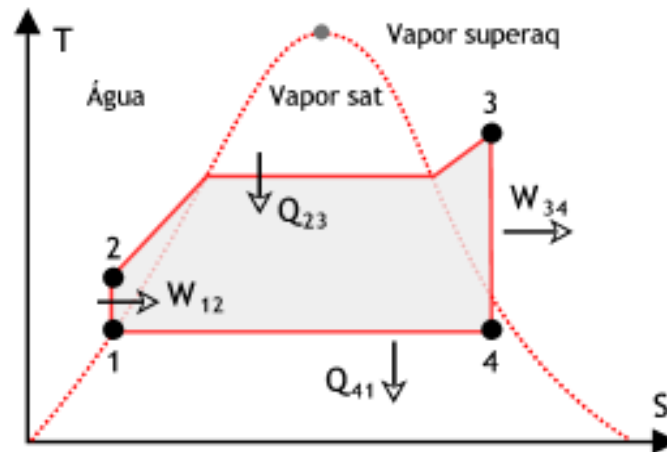
# CICLO RANKINE



- A água entra na caldeira como líquido comprimido no estado 2 e sai como vapor superaquecido no estado 3.
- A caldeira é um trocador de calor onde o calor proveniente dos gases de combustão, reatores nucleares ou outras fontes é transferido para a água a pressão constante.
- A caldeira, incluindo o superaquecedor, também é conhecida como **gerador de vapor**.

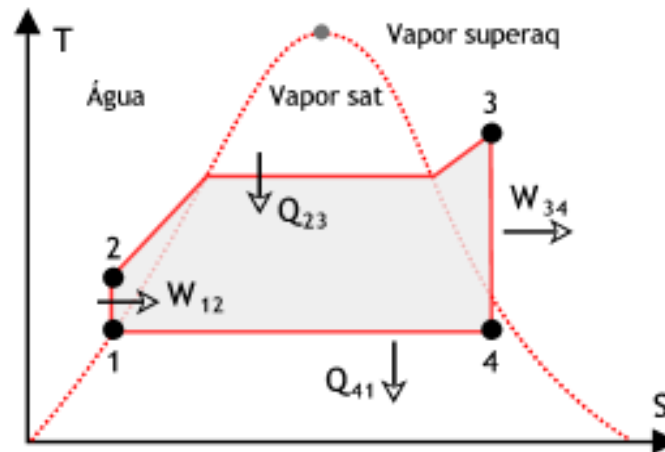


# CICLO RANKINE



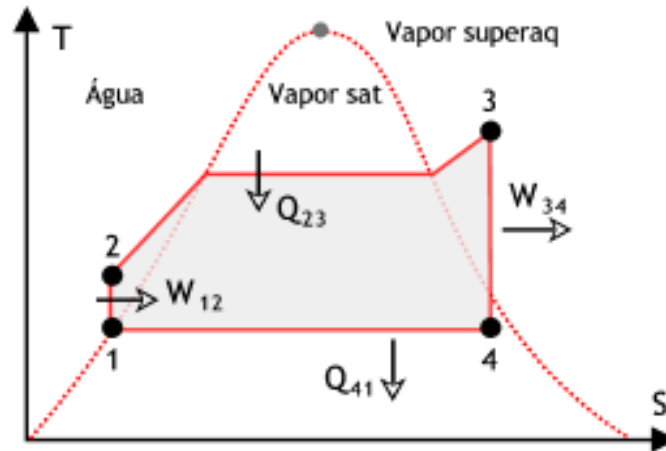
- O vapor superaquecido no estado 3 expande na turbina até o estado 4 de maneira isoentrópica produzindo potência de eixo.

# CICLO RANKINE



- No estado 4 o vapor saturado entra no condensador.
- Nesse estado o título do vapor que entra no condensador é alto.
- O condensador é outro trocador que rejeita o calor do vapor na atmosfera mudando sua fase para água saturada completando o ciclo.

# CICLO RANKINE



- A área sob uma curva de processo de um diagrama T-s representa a transferência de calor dos processos internamente reversíveis, portanto:
  - a área sob a curva do processo 2-3 representa o calor transferido para a água na caldeira;
  - a área sob a curva do processo 4-1 representa o calor transferido no condensador;
  - a diferença entre as áreas é o trabalho líquido produzido durante o ciclo.

# CICLO RANKINE

- Todos os quatro dispositivos envolvidos no ciclo Rankine ( a bomba, a caldeira, a turbina e o condensador) operam em regime permanente.
- As variações de energia cinética e potencial do vapor podem ser desprezadas.
- Então a equação da energia específica aplicada a um dispositivo com escoamento permanente.

$$(q_e - q_s) + (w_e - w_s) = (h_s - h_e)$$



# CICLO RANKINE

- Como não há realização de trabalho na caldeira e no condensador e não há variação de entropia na bomba e na turbina, a equação da primeira lei da termodinâmica a cada componente pode ser expressa por:

- Bomba  $w_b = (h_2 - h_1) = v.(p_2 - p_1)$
- Caldeira  $q_h = (h_3 - h_2)$
- Turbina  $w_t = (h_3 - h_4)$
- Condensador  $q_l = (h_4 - h_1)$

# CICLO RANKINE

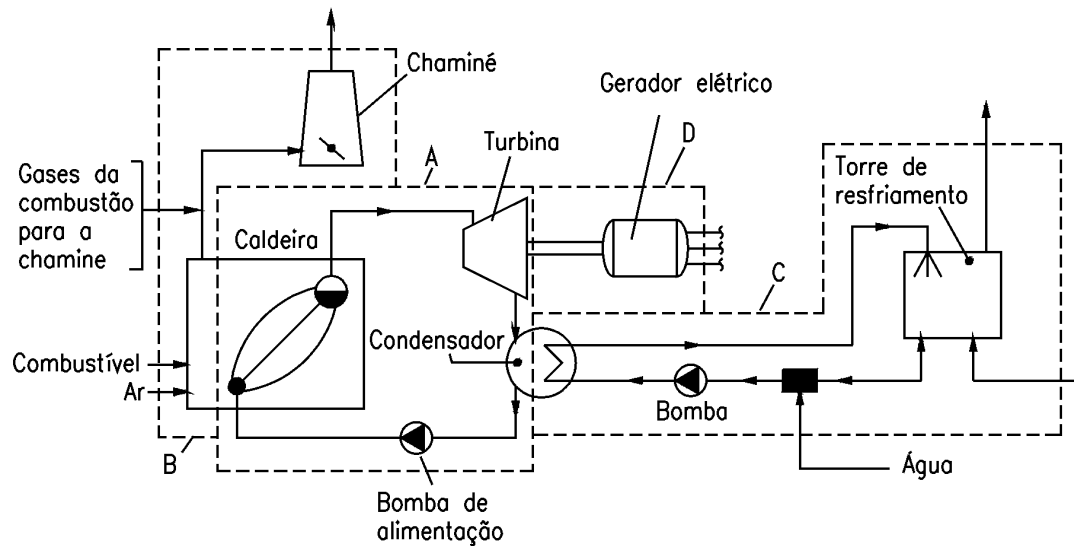
- A eficiência térmica do ciclo de Rankine é determinada por:

$$\eta_{term} = \frac{w_{liq}}{q_h} = 1 - \frac{q_l}{q_h}$$

- Onde o trabalho líquido é definido por:

$$w_{liq} = w_t - w_b = q_h - q_l$$

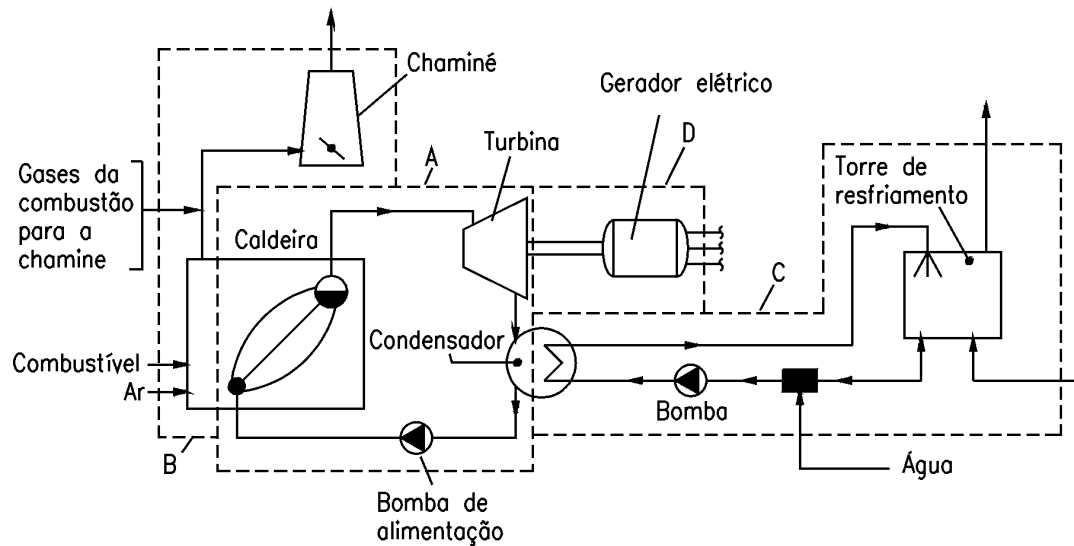
# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR



- Na região A estão os principais equipamentos do ciclo : caldeira, turbina, condensador e bomba de água de alimentação.

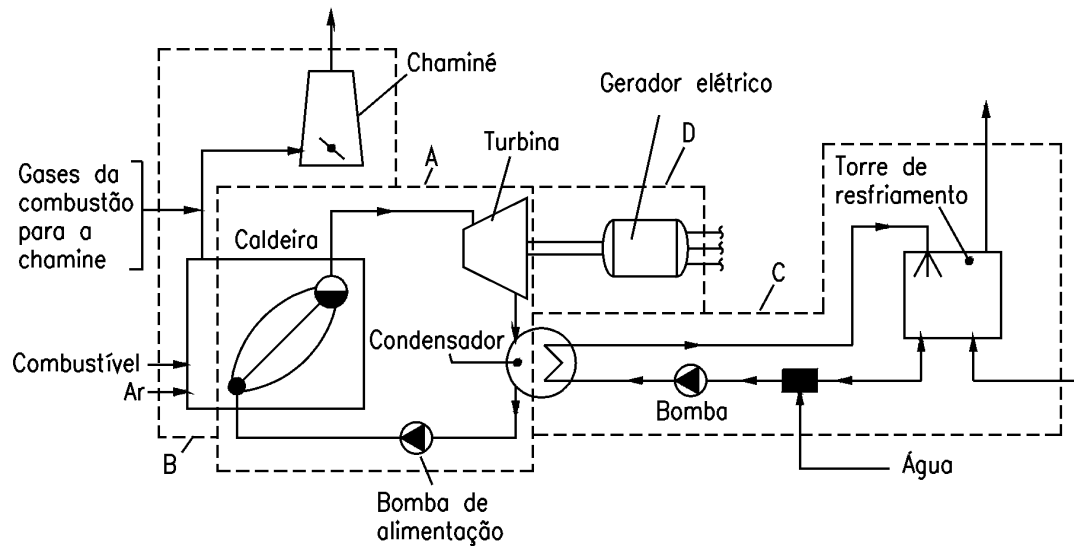


# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR



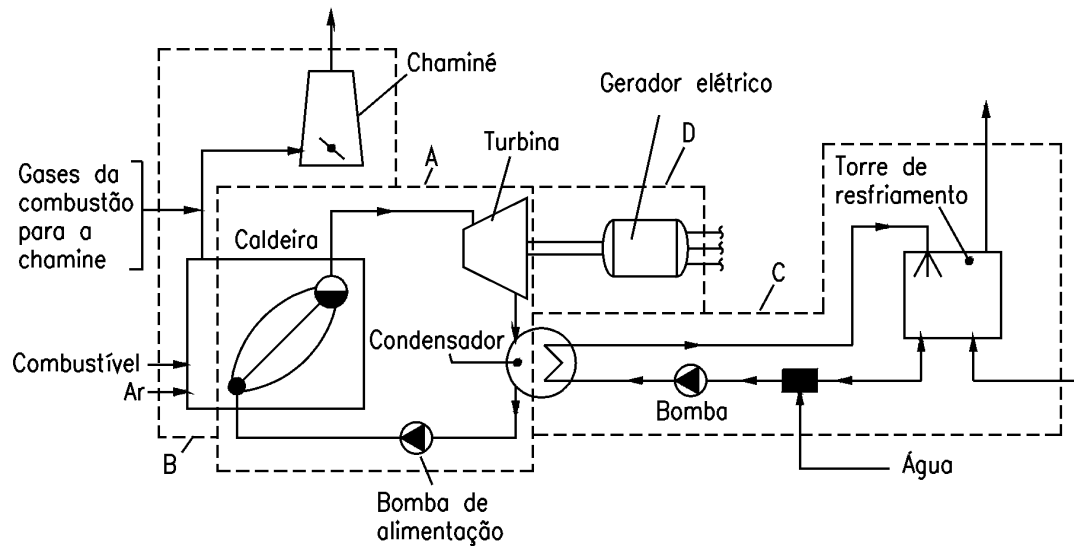
- Na região B estão os equipamentos de manuseio do combustível e de exaustão dos gases para a atmosfera.

# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR



- Na região C incluem-se os equipamentos do sistema de resfriamento de água do condensador e reposição de água do ciclo.

# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR



- E na região D estão os principais equipamentos de conversão de energia mecânica em energia elétrica incluindo-se a subestação que não aparece na figura.

# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR

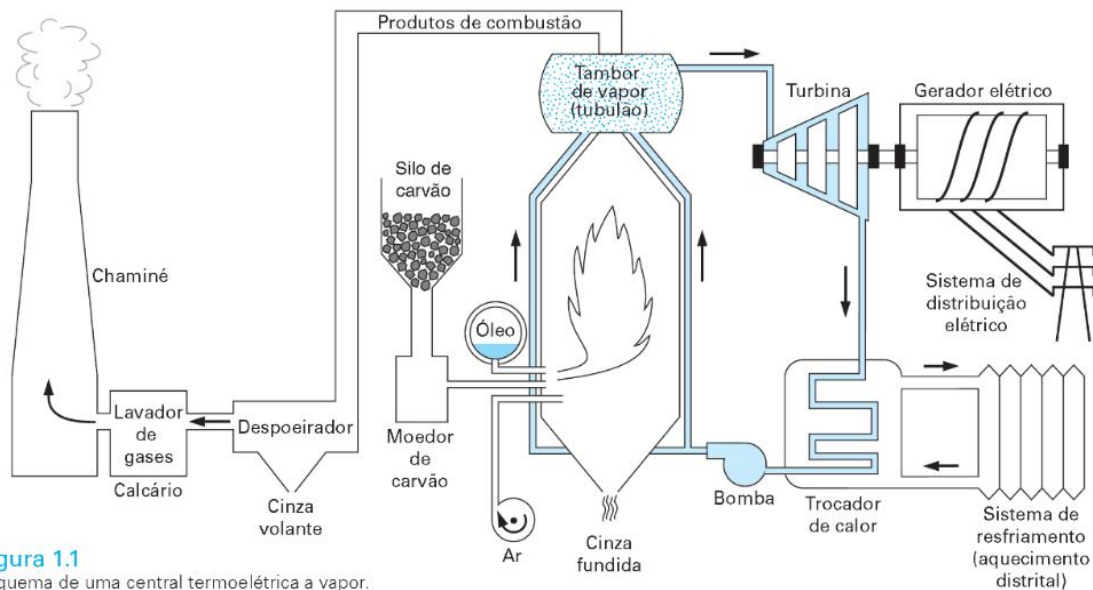
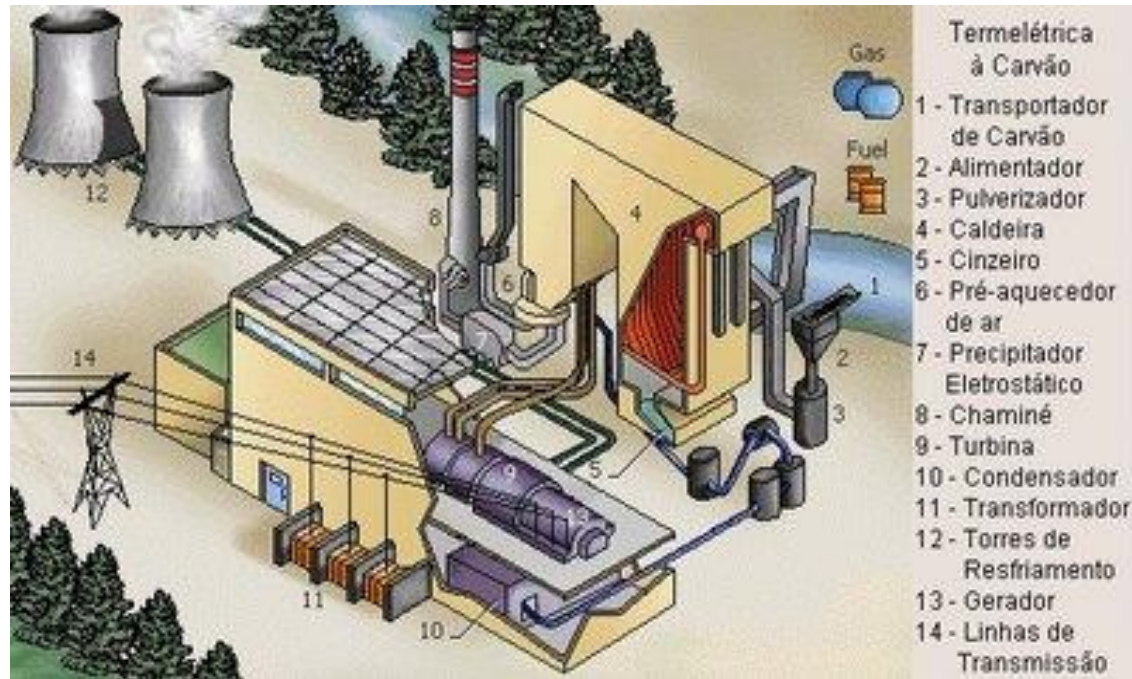


Figura 1.1  
Esquema de uma central termoeletrica a vapor.

# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR





# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR

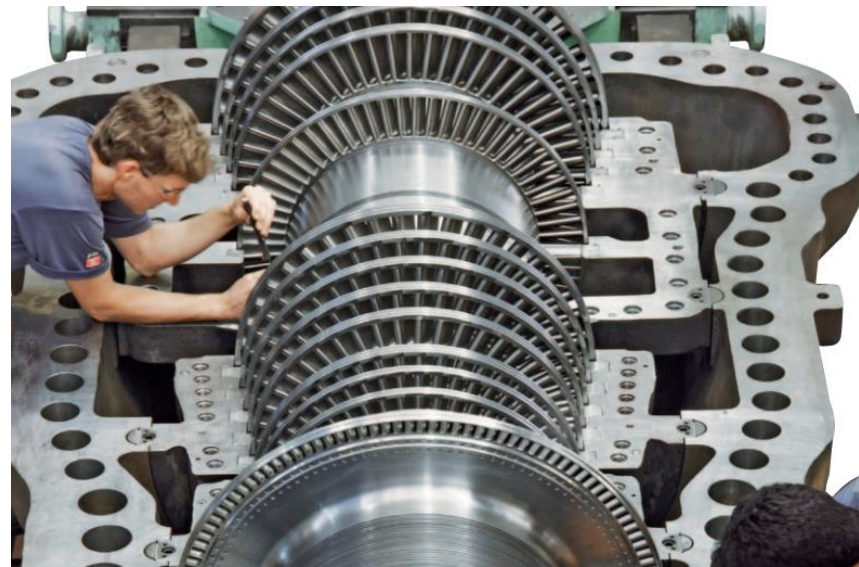


# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR





# PLANTAS DE POTÊNCIA A VAPOR





## BIBLIOGRAFIA

Lora, E.E.S. Nascimento M.A.R. Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação. Ed. Interciência, 1º ed 2004

Wyllen, G.V., Sonntag, R. & Borgnakke, C., 2004. *Fundamentos da Termodinâmica*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 6ª Edição.